

М. М. Антонов^{1,2*}, М. Г. Шамсутдинова¹, Т. А. Орелкина¹

¹Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

²ООО «ЛМЗ «СКАД», г. Дивногорск, Россия

**emaciate@mail.ru*

Научный руководитель – проф., д-р. хим. наук. В. П. Жереб

МОДИФИЦИРОВАНИЕ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ УНИВЕРСАЛЬНЫМИ ПОРОШКОВЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

В работе исследована порошковая модифицирующая смесь *Coveral*, а также произведена оценка эффективности измельчения зерна алюминиевого сплава в лабораторных и опытно-промышленных условиях.

Ключевые слова: модифицирование, измельчение зерна, порошковый модификатор.

M. M. Antonov, M. G. Shamsutdinova, T. A. Orelkina

MODIFICATION OF ALUMINUM ALLOYS BY UNIVERSALLY POWDER SUBSTANCES

The research work investigated the modifying powder mixture *Coveral*, and also evaluated the effectiveness of grain refinement aluminum alloy in the laboratory and experimental industrial conditions.

Keywords: modifying, grain refinement, powder modifying.

Повышение эксплуатационных свойств материалов из легких металлических сплавов является актуальной задачей современной металлургии. Увеличение прочностных свойств позволяет расширить номенклатуру применения, а также снизить затраты при изготовлении материалов на основе алюминиевых сплавов. Наиболее перспективным способом повышения прочностных характеристик металлических сплавов является их модифицирование. Традиционные способы модифицирования микроструктуры сплавов не позволяют превысить уже достигнутого уровня прочностных и эксплуатационных свойств алюминиевых сплавов. Наиболее перспективными модификаторами в последние годы являются порошковые смеси с добавками солей и рафинирующих реагентов [1–3], которые могут значительно преодолеть типичный уровень свойств. При модифицировании такими смесями предполагается [4], что будет происходить взаимодействие солей и оксидов с расплавом алюминия и, в дальнейшем, образование интерметаллидов – центров кристаллизации, размеры которых составляют доли микрон. Использование таких смесей для модифицирования алюминиевых сплавов имеет ряд преимуществ перед традиционными модификаторами.

Однако механизм модифицирования алюминиевых сплавов такими порошковыми смесями и оптимальные параметры исследованы недостаточно. Поэтому целью данной работы является исследование влияния комбинированной порошковой смеси на структуру алюминиевых сплавов в лабораторных и промышленных условиях.

При проведении работы в качестве модификатора была использована комбинированная порошковая смесь *Coveral* производства *Foseco*. Исследуемая порошковая смесь, по данным поставщика, в основе имеет фторид титана.

На первом этапе работ были выполнены исследования фазового состава порошковой смеси, а также термодинамический расчет возможных реакций, протекающих в процессе введения модификатора, в составе которого присутствуют соли для рафинирования расплава.

Рентгенофазовый анализ исследуемой порошковой смеси показал, что она представляет собой смесь солей и оксидов: KCl 55,8 %, K_2TiF_6 30,18 %, $K_2Ti_6O_{13}$ 7,5 %, TiO_2 3,0%, NaCl 1,22 %, остальное 2,38 %

Присутствующие в исследуемой смеси соли KCl и NaCl оказывают рафинирующие действие на расплав и модифицирующее воздействие на структуру эвтектики, тогда как основное модифицирующее действие на алюминиевый сплав будет оказывать соль K_2TiF_6 .

С целью оценки вероятности протекания процессов модифицирования, был проведен термодинамический расчет возможных реакций взаимодействия солей и оксидов с расплавом алюминия, представленный в таблице.

Изменение свободной энергии (ΔG) реакций взаимодействи оксидов и солей при температуре расплава 750 °C

№ пп	Реакция	ΔG , кДж
1	$K_2TiF_6 + 2Al = Ti + 2AlF_3 + 2K$	-151,417
2	$3Al + Ti = Al_3Ti$	-122,351
3	$3TiO_2 + 4Al = 3Ti + 2Al_2O_3$	-423,556

Расчеты показывают, что наиболее вероятным результатом взаимодействия K_2TiF_6 с расплавом алюминия является образование фторида алюминия с выделением металлических калия и титана (реакция 1). При этом титан, взаимодействуя с алюминием, образует частицы интерметаллида Al_3Ti (реакция 2), а диоксид титана, восстанавливаясь алюминием, образует частицы оксида алюминия (реакция 3), которые впоследствии становятся центрами кристаллизации. Согласно расчетам, титан, образующийся в реакции 3, также имеет возможность взаимодействовать с расплавом алюминия с образованием частиц интерметаллида Al_3Ti (реакция 2).

С целью определения модифицирующей способности порошка и лигатуры AlTi5B1 в лабораторных условиях было произведено модифицирование алюминия технической чистоты А8 при температуре 760 °С. Результаты опытного эксперимента показали более высокую модифицирующую способность опытного модификатора по сравнению с лигатурным прутком. Так средний размер зерна после модифицирования порошковой смесью составил 119 мкм, после AlTi5B1 – 167 мкм, рис. 1.

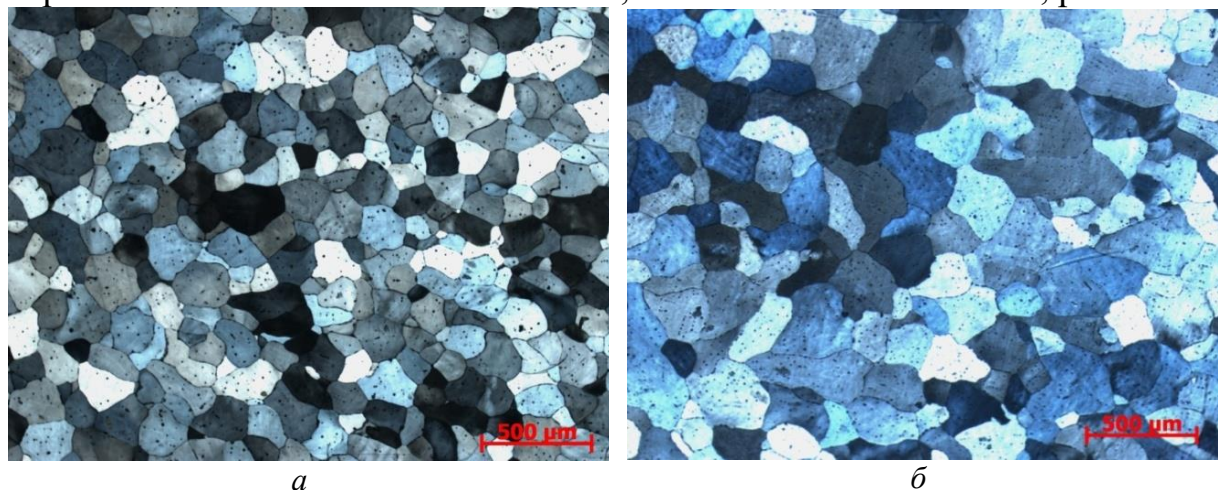
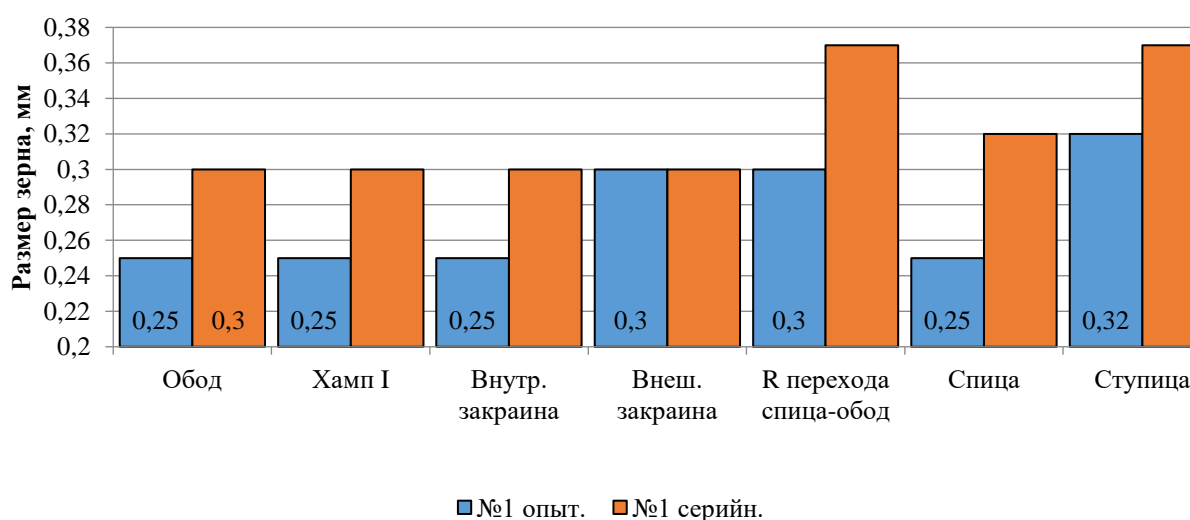
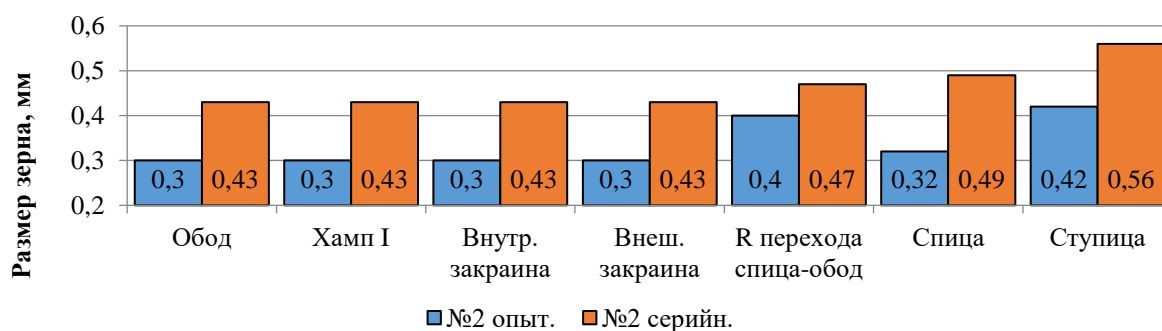


Рис. 1. Микроструктура в поляризованном свете алюминия А8.
а – модификатор Coveral; б – модификатор AlTi5B1

Опытно-промышленное модифицирование в условиях ООО «ЛМЗ «СКАД» при литье колес из сплава АК7пч позволило определить, что размер зерен в отливках модифицированных экспериментальной порошковой смесью ниже, чем после введения серийной лигатуры, рис. 2.



а



б

Рис. 2. Диаграммы распределения размера зерна в разных зонах колес
а – колеса ВА; б – колеса В2А

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

1. Термодинамический анализ реакций, выполненный в работе, позволяет предположить, что основным процессом, определяющим модифицирующую способность комбинированной порошковой смеси, является образование частиц интерметаллидов Al_3Ti .

2. Порошковая смесь в условиях опытно-промышленного литья показала не только высокую модифицирующую способность, но и хорошие результаты при ее применении в качестве рафинирующего флюса.

3. Использование исследуемой порошковой смеси может заменить традиционное модифицирование прутковыми лигатурами и флюса, что позволит в конечном итоге снизить себестоимость готовой продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 2016112 РФ, МКИ С22С 1/06, С22В 9/10. Способ модифицирования алюминиевых сплавов / Д. М. Горбунов, [и др.] Заявка № 5036577/02. Заявл. 08.04.1992. 15.07.1997.
2. Влияние модифицирующей смеси «МС-М» на качество алюминиевых отливок В. И. Якимов, [и др.] // Литейное производство. 2011 г. № 4. С. 7 – 8
3. Крушенко Г. Г. Фильков М. Н. / Модифицирование алюминиевых сплавов нанопорошками // Нанотехника. 2007 г. № 4. С. 58–64
4. Влияние модифицирования на структуру и свойства деформированных сплавов системы Al-Mg-Si М. М. Антонов, [и др.] // Техника и технологии. 2015 г. Т. 8, № 5. С. 601–608